

Technical Report

ホシデンが視野角140°の14.5型IPS TFT-LCDを開発

編集部●太田健一

ホシデンはEuro Display'96で広視野角性から最近、見直されているIPS LCDに関する研究を「IPS LCDのディスプレイ特性および14.5型IPS TFT-LCDの広視野角」と題してを発表した。本稿ではその主な概要をレポートする。

広視野角性を実現するIPS LCD

ディスプレイの大画面化や画質の向上以上に、視野角を広げることが、より重要なLCDの課題とする見解があるが、こうした観点からIn-Plane-Switching (IPS) が最近見直されつつある。これはIPS LCDが広視野角を実現しながら、高コントラスト比で、しかも階調の反転がないからだ。

ホシデンは、ポジティブおよびネガティブな誘電率異方性のネマティック液晶からなるIPS LCDのディスプレイ特性を研究し、この研究に基づき14.5型IPS a-Si TFT-LCDのプロトタイプを開発した。このプロトタイプは視野角140°を実現しており、実質的に視野角の制限がなくなったと考えて良いだろう。

IPS LCDでは、ガラス基板に平行な電界、in plane電界を作り、電圧の印加が液晶分子のねじれを生じせしめるスイッチングとなる。ここで注意すべきは、プレチルトの違いにより、視野角の大きさや均一性は異なることだ。IPS LCDの上下のガラス基板を通過する光の伝送量は、プレチルトが $\pi/4$ のとき、およびそれを誘発する電圧が印可されたとき、最大となる。また動作電圧や応答時間がセル厚や電極ギャップにそれぞれ相関関係があることが、ホシデンの研究で実験的に確認された。さらに2通りの液晶材料、すなわちネガティブ誘電率異方性のネマティック液晶(Nn)とポジティブ誘電率異方性のネマティック液晶(Np)の場合について、それぞれ実験している。ホシデンが開発したプロトタイプは、こうした実験結果から得られたデータに基づき、視野角の最大化を実現すべく諸条件を調整した結果、生み出されたと言えるだろう。

IPS LCDの構成と電気的-光学的効果

1. シンプルなIPS LCDの基本構成

最初にIPS LCDの構成について説明する。

図1は、ディスプレイ特性を改良すべくセルを最適化したシンプルなIPSの基本構成を示したものである。楕形の交互配置金属電極は片方の基板に形成され、反対の基板には電極はない。この電極群は基板に対し平行な電界を作るが、これがすなわちin plane電界である。

Nnの液晶分子の場合は、図1に示すように電極に垂直に配列される。一方、Npの液晶分子の場合は、電極に垂直に配列される。IPS LCDは交差した偏向板に挟まれており、液晶分子は偏向軸に垂直または水平である。

2. IPS LCDの電気的-光学的効果

次にIPS LCDの動作原理を説明する。

図2に、NnのIPS LCDの動作原理を示した。図2(a)に示されるように、電圧を印加してない状態では、偏向板(1)からの線型偏向された入射光は、偏向板(2) (分析器)

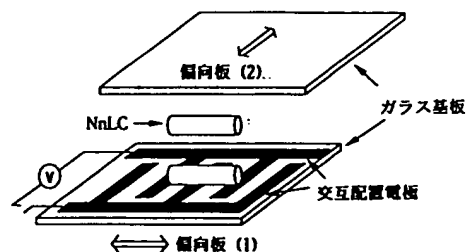


図1 IPSLCDの基本構成

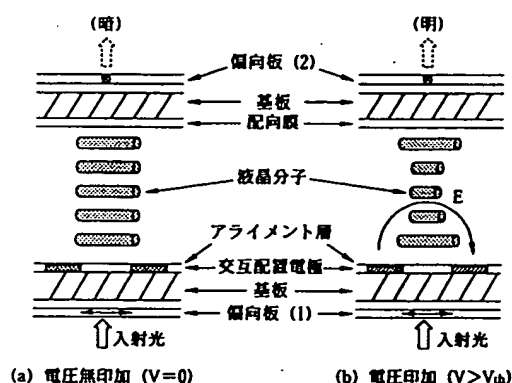


図2 IPSLCDの動作原理

を通過せず、LCDは暗い。一方、図2(b)に示されるように、しきい値の電圧 V を印加した状態では、入射光は分析器を通過して伝送される。これは、液晶分子が基板に対し平面平行のままねじれ、光軸が偏向軸から角度 $\theta(V)$ までずれるからである。

前述の光の伝送は、電界を誘発する位相リタデーションによって引き起こされる。それゆえ、光の伝送量は次に示す方程式で決定される。

$$I = I_0 \sin^2 \theta(V) \cdot \sin^2 (\pi \cdot \Delta n d / \lambda) \quad (1)$$

ただし Δn は液晶の複屈折、 d は液晶セルの厚さ、 λ は入射光の波長である。この方程式から伝送量の最大値は、角度 $\theta(V) (= \pi/4)$ のずれを誘発する電圧 V のときに得られることがわかる。

図3に、電気的-光学的レスポンスのカーブを示した。ただしこれはNn液晶と、 $\Delta \epsilon = -1.50$ 、 $\Delta n = 0.0743$ のZLI-2857(Merk)との混合物で満たしたIPS LCDを観察したものである。図2に示した、セルの厚さ d と電極ギャップ g はそれぞれ $6\mu\text{m}$ と $5\mu\text{m}$ であった。図3が示すように、入射白光の伝送量は V の増加に伴い増加し、 $V=9.8\text{V}$ のとき最大値に達し、それから徐々に減少していく。

角度 $\theta(V)$ のずれは、偏向マイクروسコープを使うことで測定された。図3に示すように、 $V=9.8\text{V}$ は最大伝送量を与えつつ、 $\theta(V) (= \pi/4)$ を導き出す。これは、IPS LCDのセル最適化に用いる方程式(1)の妥当性を支持するものである。

シンプルなIPS LCDのディスプレイ特性

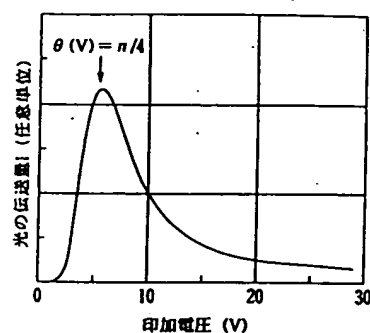


図3 IPSLCDの電気的-光学的レスポンス

1. 視野角の性質

次にプレチルトの違いにより、視野角の大きさおよび均一性が異なることを説明する。

IPS LCDは、TN-LCDに比べ、理論的により広い視野角で表示する。IPS LCDの液晶分子は、電圧を印加した状態において、基板に対し平面平行にねじれるが、図4に

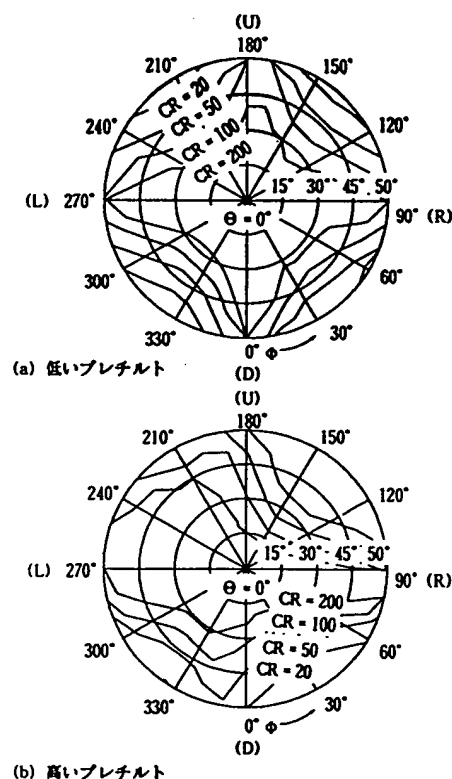


図4 プレチルト別アイソチャート

示されるように、その広視野角性は、基板に対する液晶分子のプレチルト θ に、強く影響されるからである。図4は、異なったプレチルトを持つ2種類のIPS LCDの視野角を示した、編角(ϕ)、天頂角(θ)のアイソコントラストチャートである。図4(a)に示される低いプレチルト($\theta=0.8$)のIPS LCDは、図3のNn液晶のIPS LCDとちょうど同じものであり、図4(b)のIPS LCDもまた、プレチルトが高い($\theta=6.5$)以外は同じものである。この二つのプレチルトは、ポリイミドの異なるアライメント層によって得られた。

図4の(a)と(b)を比較すると明らかだが、高いプレチルトのIPS LCDに比べ、低いプレチルトのそれは、コントラストを伴いながら、より広くより対称的な視野角を持っている。高いプレチルトのIPS LCDの場合、それぞれのコントラストの視野角が、左右方向はともかく、上下方向は極端に狭くなる。狭い視野角方向は、液晶分子の光軸の正常方向に一致すると強調された。

前述のNn液晶のIPS LCDにおけるプレチルトの影響は、Np液晶のIPS LCDでもまた全く同様に観察された。それゆえ、プレチルトの最適配置は、可能なかぎり最も広いIPS LCDの視野角を現出するために必要である。

2. 応答時間と動作電圧

次に動作電圧や応答時間がセル厚や電極ギャップにそれぞれ相関関係があることを説明する。

(1)セル厚依存

図5は、Np液晶のIPS LCDの場合、セル厚が動作電圧Vopや応答時間ton, toffに依存することを示している。Vopは電氣的-光学的応答における最大伝送量を与える

電圧Vと定義され(図3参照)、tonとtoffは $V=V_p$ におけるオン、オフの応答時間である。液晶と $\Delta\epsilon=+4.4$ 、 $\Delta n=0.0791$ のMJ-89727(Merk)との混合物がNp液晶として用いられた。低いプレチルトのアライメント層と $g=5\mu m$ が採用された。図5の結果に全く似た依存が、Nn液晶のIPS LCDの場合でも得られた。

図5(b)に示すように、tonとtoffはセル厚dが減少するにつれ、効果的に減少するが、同時に図5(a)に示すようにVopはdが減少するにつれ、反対に増加する。このようにIPS LCDでは、Vopとton, toffの間に熟考すべきトレードオフ関係がある。

(2)電極ギャップ依存

図6は、Nn液晶のIPS LCDにおいて、電極ギャップのVopおよびton, toffへの依存を表している。使用されたIPS LCDは、さまざまな電極ギャップgを除いて図3で用いられたものと同じである。ton同様Vopは、電極ギャップが減少するにつれ都合よく減少するが、一方、toffはgの変化につれてほとんど変わらない。これと全く同じ結果がNp液晶のIPS LCDの場合でも得られた。それゆえ、ディスプレイアプリケーションの観点から、IPS LCDでは電界ギャップはできるだけ小さくすべきである。

14.5型カラーIPS a-Si TFT-LCD

ネマティックIPS LCDに関する以上の研究のに基づき、ホシデンは、14.5型カラーIPS a-SiアクティブマトリクスTFT-LCDを開発した。図7は、開発したIPS TFT-LCDのプロトタイプの概略的な構成を表示したもので、図7(a)は機能構成図、図7(b)は鳥瞰図を表している。a-

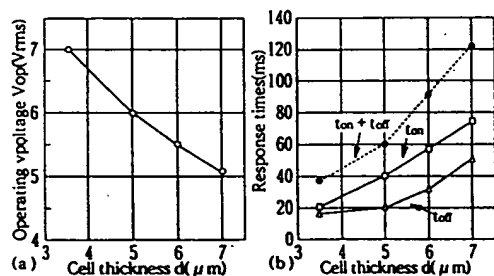


図5 動作電圧(a)と応答時間(b)VS.セル厚

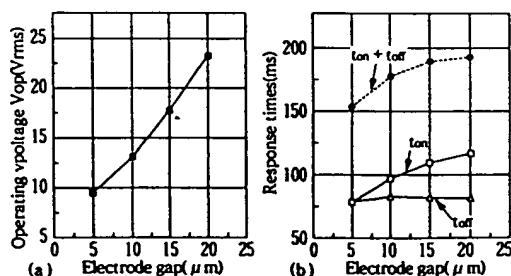


図6 動作電圧(a)と応答時間(b)VS.電極ギャップ

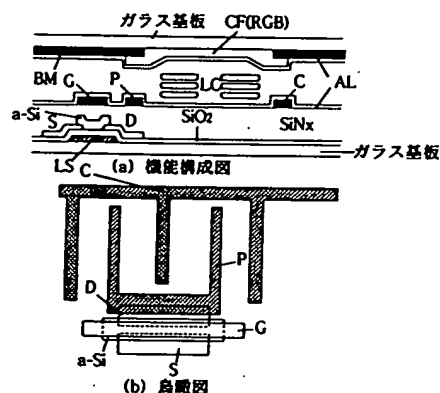


図7 14.5型IPS TFT-LCDの主な構成

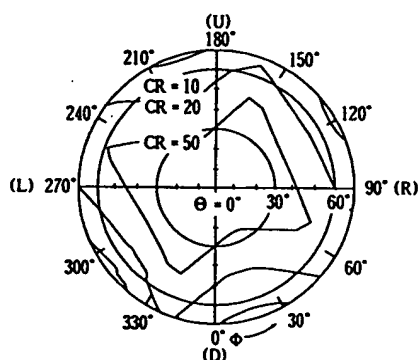


図8 14.5型IPS TFT-LCDのアイソコントラストチャート

表1 14.5型IPS TFT-LCDの仕様

| ディスプレイ面積 | 対角14.5インチ |
|------------|-------------------------|
| 画素数 | 1024(H)×RGB×768(V)(XGA) |
| ドットサイズ | 96[μm]×260[μm] |
| 表示色 | 26万2,144色(64階調) |
| ディスプレイモード | ノーマリブラックIPSネマティック |
| 視野角(CR>10) | 垂直140°, 水平140° |
| コントラスト比 | >100(最大) |
| 動作電圧 | 5[V] |
| 応答時間 | 60[ms](ton+toff) |

Si TFT-LCDは、トップゲート型であり、画素Pと共通電極Cは、液晶分子をスイッチングするためのin-plane電界を作っている。

表1に、プロトタイプの仕様を要約した。画素数は1024×RGB×768で解像度XGAであり、ディスプレイ色は64階調の262,144色である。正面の最大コントラスト比は100以上。このような広視野角性は、このプロトタイプのアイソコントラストチャートである図8に示される。

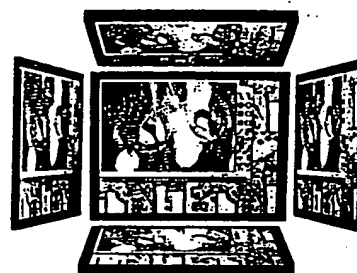


図9 64階調ビデオイメージのカラー写真

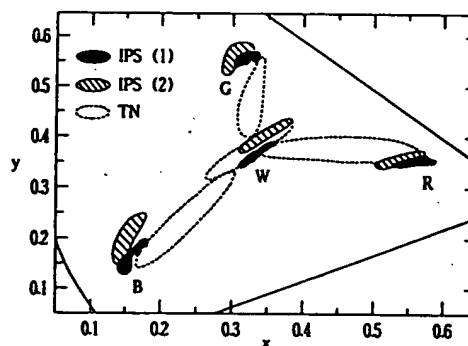


図10 14.5型IPS TFT-LCDのRGBカラーシフト

図9は、プロトタイプIPS LCDに表示された64階調のビデオイメージの写真である。この写真は上下左右70°の深く傾いた視野角から撮ったもので、階調が反転していないこと、コントラスト比の顕著な低下がなくカラーシフトがほとんどないことを示している。図10が表しているのは、異なる複屈折性の混合した液晶で満たされた2種類のプロトタイプIPS TFT-LCDと伝統的なTN-LCDを測定したRGBカラーシフトである。このカラーシフトは、140°の円錐型の視界におけるさまざまな天頂方向で測定された。この図は、IPS LCDのカラーシフトがTN-LCDに比べ、ほんのわずかであることを、このシフトは液晶材料の複屈折の最適化でかなり縮小できることを示している。

同論文の結論でホシデンは、「われわれが開発したXGAの解像度、64階調を持つ14.5型カラーIPS a-Si TFT-LCDは、実質的なアプリケーションを考慮すれば、ほとんど視野角の限界を持っていないことになる」としている。広視野角性を武器に、今後もホシデンはIPS LCDの研究開発を推進していくだろう。